

**OPTIMASI KONDISI FERMENTASI UNTUK PRODUKSI SELULOSA BAKTERI
OLEH STRAIN SLK-1 DALAM MEDIA DASAR AIR KELAPA**
(*Optimization Of Fermentation Conditions For The Production Of Bacterial Cellulose By Slk-1 Strain
In Coconut Water Based Medium*)

Sarkono¹, Sukarti Moeljopawiro², Bambang Setiaji³, Langkah Sembiring⁴

¹ Mahasiswa Program S3, Program Studi Ilmu Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

^{2,4} Jurusan Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

³ Jurusan Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Email: sarkonobiologi@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengoptimasi kondisi fermentasi terbaik strain Bakteri Asam Asetat penghasil selulosa yaitu isolat SLK-1. Strain ini diisolasi dari buah salak pada penelitian sebelumnya. Hasil optimasi menunjukkan bahwa kondisi fermentasi optimum untuk pertumbuhan dan produksi selulosa pada isolat SLK-1 dicapai dengan sumber karbon gula pasir, sumber nitrogen ammonium sulfat, pH 7, suhu inkubasi 25°C dan metode fermentasi statis. Karakter struktur permukaan selulosa hasil fermentasi isolat SLK-1 dipengaruhi oleh metode fermentasi yang digunakan. Metode fermentasi goyangan berpengaruh menurunkan produksi selulosa pada isolat SLK-1 dan merubah struktur permukaan yaitu susunan mikrofibril lebih renggang dan membentuk gelembung.

Kata Kunci: bakteri asam asetat, optimasi, fermentasi, selulosa bakteri, penggoyangan

ABSTRAK

The objective of these studies were optimizing fermentation conditions of the Acetic Acid Bacteria strain producing cellulose SLK-1. This strain has isolated from the tropical fruits at previous research. Optimization results showed that the optimum fermentation conditions for growth and cellulose production in the SLK-1 strain was sugar as carbon sources, ammonium sulfate as nitrogen sources, pH 7, incubation temperature at 25 ° C and a static method of fermentation. The surface structure of bacterial cellulose affected by fermentation methods. Shaken method of fermentation decreased the production of cellulose and alter the surface structure of cellulose. The cellulose microfibrils structure were stretch and bubbles microfibrils were formed.

Kata Kunci: acetic acid bacteria, optimization, fermentation, bacterial cellulose, shaken

PENDAHULUAN

Produksi buah kelapa Indonesia rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut (Agustian *et al.*, 2003; Allorerung dan Lay, 1998; Nur *et al.*, 2003; APCC, 2003). Industri pengolahan buah kelapa masih terfokus kepada pengolahan daging buah sebagai hasil utama. Pengolahan hasil samping seperti air kelapa menjadi nata (selulosa) sudah banyak dikenal, tetapi masih dilakukan secara tradisional dan bersekala kecil, padahal potensi ketersediaan bahan baku untuk membangun industri pengolahannya masih sangat besar.

Produksi selulosa oleh bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu medium pertumbuhan, kondisi lingkungan, dan pembentukan produk sampingan (Chawla *et al.*, 2009). Nutrien yang dibutuhkan bakteri *Gluconacetobacter xylinus* dalam media produksi selulosa adalah sumber karbon dan nitrogen serta makro dan mikronutrient lainnya seperti fosfor, sulfur, potasium, garam magnesium, dan vitamin (Matsuoka *et al.*, 1996; Chawla *et al.*, 2009). Mikrobia penghasil selulosa akan mengekskresikan selulosa keluar dari selnya ketika dilingkungannya tersedia sumber karbon yang melimpah (60-80%) dan adanya sumber nitrogen (Matsuoka *et al.*, 1996). Faktor lingkungan yang mempengaruhi produksi selulosa adalah pH, temperatur, dan ketersediaan oksigen (Chawla *et al.*, 2009). Kondisi optimal produksi selulosa oleh *Ga. xylinus* adalah pada kisaran pH 4-6, dan suhu 28-30°C (Matsuoka *et al.*, 1996; Chawla *et al.*, 2009). Produksi selulosa juga dipengaruhi oleh kondisi bakteri yang digunakan dalam produksi selulosa, seperti umur bakteri dalam inokulum, dan jumlah inokulum yang digunakan sebagai starter dalam produksi selulosa (Djumarti, 1993). Oleh karena itu, proses produksi selulosa menggunakan bakteri *Ga. xylinus* harus memperhatikan kondisi berbagai faktor yang mempengaruhi yaitu strain bakteri penghasil selulosa itu sendiri dan faktor lingkungan sehingga selulosa yang dihasilkan dapat maksimal.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengisolasi strain bakteri asam asetat yang mempunyai produktivitas tinggi dalam menghasilkan selulosa dalam skala industri (Dellaglio *et al.*, 2005; Bae and Shoda, 2004; Toyosaki *et al.*, 1995), namun strain lokal asli Indonesia belum banyak dikenal. Sarkono (2010) telah mengisolasi strain bakteri asam asetat dari cairan fermentasi nata dan buah tropis. Salah satu isolat potensial yang didapatkan yaitu SLK1 yang diisolasi dari buah salak produksi selulosa 29,9 gL⁻¹.



Kemampuan produksi ini lebih tinggi dibanding isolat yang pernah dilaporkan dalam literatur. Kapasitas produksi tertinggi yang pernah dilaporkan dalam literatur adalah $9,7 \text{ gL}^{-1}$ oleh strain mutan resisten sulfaguanidin *Acetobacter xylinum* subsp. *sucrofermentan* (Seto *et al.*, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum untuk pertumbuhan dan produksi selulosa bakteri pada isolat bakteri asam asetat strain SLK-1 yang didapatkan dari buah tropis pada penelitian sebelumnya.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Mikrobia

Isolat SLK-1 yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil isolasi dari buah Salak asal Yogyakarta, Indonesia. Penelitian terdahulu dengan sampel buah tropis menghasilkan beberapa isolat potensial diantaranya yaitu SLK-1 dengan produksi selulosa $29,9 \text{ gL}^{-1}$. Kemampuan produksi ini lebih tinggi dibanding isolat yang pernah dilaporkan dalam literatur. Kapasitas produksi tertinggi yang pernah dilaporkan dalam literatur adalah $9,7 \text{ gL}^{-1}$ oleh strain mutan resisten sulfaguanidin *Acetobacter xylinum* subsp. *Sucrofermentan* (Seto *et al.*, 2006).

Media dan kondisi kultur

Isolat SLK-1 diambil dari kultur stok dan ditumbuhkan pada medium standar Hestrin-Schramm (HS) cair yang tersusun dari D-glukosa 2.0%, Pepton 0.5%, Yeast extract 0.5%, Na_2HPO_4 0.27% dan asam sitrat 0.115%. Medium produksi yang digunakan untuk optimasi adalah media dasar air kelapa dengan suplementasi sumber karbon 5%, sumber nitrogen 0,5% dan asam asetat glasial untuk mengkondisikan keasaman medium.

Optimasi produksi selulosa bakteri

Isolat ditumbuhkan pada media produksi dengan perlakuan beberapa variasi kondisi fermentasi yaitu sumber karbon, sumber nitrogen, pH, suhu, konsentrasi inokulum dan penggoyangan (shaking). Optimasi dilakukan secara bertahap dan pada masing-masing tahap optimasi diukur berat kering selulosa yang diproduksi. Perlakuan yang memberikan hasil terbaik pada tahap sebelumnya dijadikan acuan pada tahap optimasi selanjutnya. Kondisi fermentasi awal yang digunakan yaitu sumber karbon gula pasir 5%, sumber nitrogen ammonium sulfat 0,5%, pH 5, suhu 30°C , konsentrasi inokulum 10% dan kondisi fermentasi statis dalam skala produksi 100 ml dengan waktu fermentasi 6 hari. Untuk mengkondisikan pH digunakan asam asetat glasial. Media produksi disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C pada tekanan 2 atm selama 10 menit. Sumber karbon yang digunakan sebagai perlakuan yaitu glukosa, sukrosa, fruktosa, gula pasir dan molase. Sumber nitrogen yang digunakan sebagai perlakuan yaitu ammonium sulfat, urea, ZA dan pepton. Variasi pH awal yang dicobakan yaitu pH 4, 5, 6 dan 7. Perlakuan suhu yang dicobakan yaitu 25, 30 dan 37°C . Variasi konsentrasi inokulum yang digunakan yaitu 5, 10 dan 15%. Perlakuan kecepatan penggoyangan yang dicobakan yaitu 50, 100 dan 150 rpm. Konsumsi sumber karbon diukur dengan menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Sampel larutan diambil dua kali yaitu sebelum fermentasi dan sesudah fermentasi selesai, masing-masing diukur konsentrasi beberapa jenis gula utama yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa (Ratnayani *et al.*, 2008).

Pemanenan selulosa hasil fermentasi

Gel selulosa bakteri dipanen dan dibersihkan dengan air dingin untuk membersihkan sisa medium, selanjutnya direbus dalam air mendidih selama kurang lebih 15 menit agar lebih bersih. Setelah itu dicuci dengan air mengalir, dikeringanginkan dan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama 24 jam dan ditimbang (Ishihara *et al.*, 2002). Berat selulosa kemudian diperbandingkan antar perlakuan, sehingga dapat diketahui perlakuan yang memberikan produksi selulosa maksimum.

Analisis struktur permukaan selulosa bakteri dengan SEM

Struktur permukaan selulosa hasil fermentasi statis dan penggoyangan diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Terlebih dahulu sampel selulosa bakteri dikeringkan sampai kandungan air nol. Selanjutnya diiris tipis dan ditempatkan dalam *specimen holder* dan di *coating* dengan logam emas setebal 300 \AA , kemudian diamati dengan SEM JEOL tipe JSM-5000.



HASIL DAN PEMBAHASAN

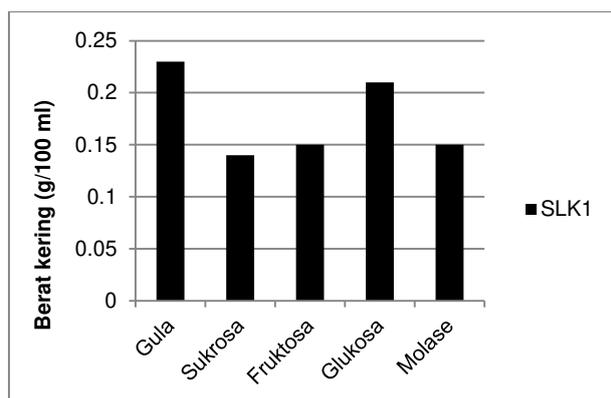
Optimasi produksi selulosa bakteri

Tahapan optimasi sumber karbon dilakukan dengan menguji 5 sumber karbon yaitu gula pasir, molase, glukosa, fruktosa dan sukrosa. Dipilihnya kelima sumber karbon ini adalah dalam rangka membandingkan sumber karbon tunggal dan kompleks dalam produksi selulosa bakteri oleh isolat SLK1. Pigmen dari sumber karbon yang digunakan mempengaruhi warna selulosa yang dihasilkan (Gambar 1).

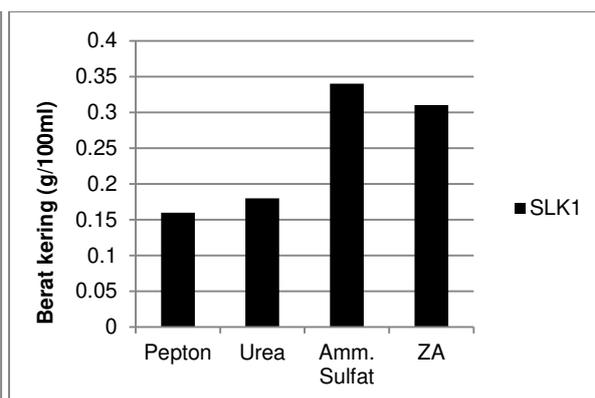


Gambar 1. Tampilan selulosa hasil fermentasi strain bakteri SLK1: (a) selulosa basah dengan sumber karbon gula pasir; (b) selulosa basah dengan sumber karbon molase; (c) selulosa kering

Hasil uji optimasi sumber karbon menunjukkan bahwa isolat SLK1 lebih optimum untuk memproduksi selulosa pada sumber karbon kompleks (gula pasir) melebihi sumber karbon tunggal (glukosa, fruktosa dan sukrosa) (Gambar 1). Produksi selulosa pada kondisi optimum mencapai 0.23 g/100 ml. Hasil penelitian Keshk *et al.* (2006) membuktikan bahwa penggunaan molase sebagai sumber karbon menghasilkan produksi selulosa yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan glukosa sebagai sumber karbon tunggal pada strain *Gluconacetobacter xylinus* ATCC 10245. Sedangkan Kurosumi *et al.* (2009) melaporkan penggunaan beberapa juice buah untuk memproduksi selulosa bakteri dan produksi selulosa tertinggi dicapai dengan media utama juice jeruk dengan produksi selulosa hingga $6,9 \pm 0,2$ %. Bahkan produksi selulosa (berat basah) oleh strain *A. xylinum* (*G. xylinus*) TISTR 998 mencapai 520 gL^{-1} pada medium juice nanas dan mencapai $553,33 \text{ gL}^{-1}$ pada medium air kelapa (Kongruang, 2008). Produksi selulosa bakteri menggunakan media bahan organik kompleks yang biasanya berupa limbah pertanian atau industry juga lebih menguntungkan secara ekonomi karena harganya lebih murah dan tersedia secara kontinyu di alam.



Gambar 2. Hasil optimasi sumber karbon terhadap produksi selulosa



Gambar 3. Hasil optimasi sumber nitrogen terhadap produksi selulosa

Untuk mengetahui hubungan antara pembentukan selulosa dengan penggunaan sumber karbon maka dilakukan pengukuran kandungan sumber karbon utama yaitu glukosa, fruktosa dan sukrosa sebelum dan setelah fermentasi. Hasil uji kandungan gula setelah fermentasi menunjukkan bahwa kadar gula mengalami penurunan dibanding sebelum fermentasi. Penurunan paling banyak terjadi pada glukosa, hal ini menunjukkan bahwa glukosa paling banyak digunakan oleh isolat SLK1 sebagai sumber karbon untuk metabolisme dan prekursor selulosa (Tabel 1).

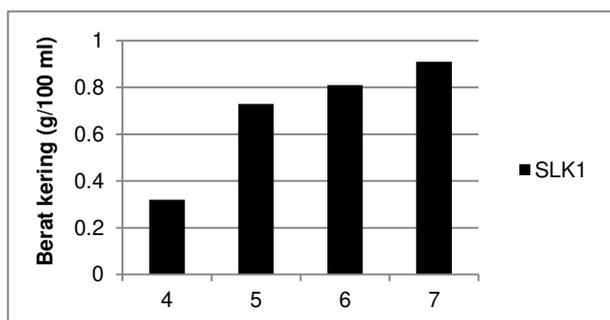


Tabel 1. Hasil uji kandungan gula pada media produksi sebelum dan setelah fermentasi pada tahap optimasi sumber karbon

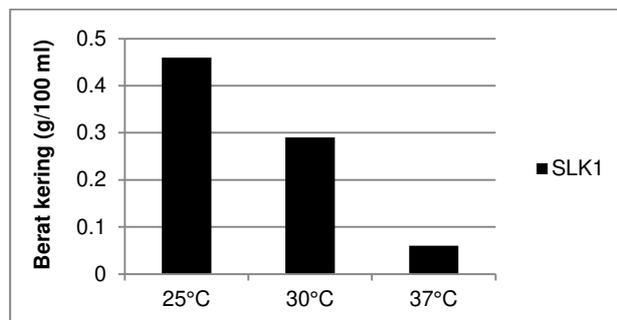
Kandungan gula utama		Perlakuan sumber karbon				
		Sukrosa	Glukosa	Fruktosa	Gula pasir	Molase
Awal fermentasi(%)	Sukrosa	3.57	1.65	0.76	2.54	1.14
	Glukosa	1.83	8.36	1.63	1.37	1.29
	Fruktosa	6.47	6.63	39.76	4.97	4.58
Akhir fermentasi (%)	Sukrosa	2.11	-	3.86	2.22	-
	Glukosa	-	-	0.80	-	-
	Fruktosa	6.75	2.56	0.75	5.11	10.01

Hasil uji optimasi sumber nitrogen (Gambar 3) menunjukkan bahwa isolat SLK1 lebih optimum untuk tumbuh dan memproduksi selulosa pada sumber nitrogen dengan kadar nitrogen tinggi (Ammonium sulfat dan ZA) dibandingkan sumber N dengan kadar N lebih rendah seperti urea dan pepton. Isolat SLK1 mencapai angka produksi selulosa tertinggi pada sumber nitrogen ammonium sulfat sebesar 0.34 g/100 ml, diikuti ZA sebesar 0.31 g/100 ml, urea 0.18 g/100 ml dan paling rendah pepton sebesar 0.16 g/100 ml. Secara umum penambahan sumber N sangat penting dalam medium fermentasi selulosa utamanya untuk memacu pertumbuhan sel bakteri asam asetat (Kurosumi *et al*, 2009).

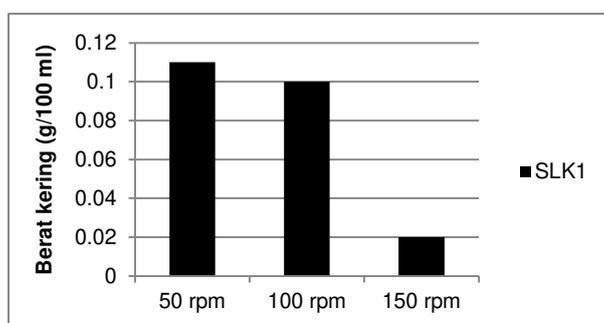
Hasil uji optimasi pH awal fermentasi menggambarkan bahwa isolat SLK1 memperlihatkan toleransi yang cukup tinggi terhadap derajat keasaman medium, seperti terlihat pada Gambar 4. Toleransi pH yang luas ditunjukkan dari kemampuan isolat SLK1 memproduksi selulosa pada pH 4 sampai pH 7, bahkan pada pH 7 memberikan hasil produksi selulosa yang paling tinggi sebesar 0.91 g/100ml (9.1 g/L). Hal ini merupakan karakter yang tidak biasa pada bakteri penghasil selulosa yang pada umumnya berasal dari kelompok bakteri asam asetat yang lebih umum tumbuh dan memproduksi selulosa pada suasana asam. Sebagai perbandingan, strain *Gluconacetobacter xylinus* yang paling dikenal sebagai penghasil selulosa mempunyai pH optimum antara 5,4 sampai dengan 6,2 (Krystynowicz *et al.*, 2005).



Gambar 4. Hasil optimasi pH awal fermentasi terhadap produksi selulosa



Gambar 5. Hasil optimasi suhu inkubasi terhadap produksi selulosa



Gambar 6. Hasil optimasi shaking terhadap produksi selulosa

Pada optimasi suhu inkubasi, isolat SLK1 menunjukkan kecenderungan optimum memproduksi selulosa pada kisaran suhu kamar. Dari hasil penelitian diketahui isolat SLK1 memproduksi selulosa paling tinggi pada suhu inkubasi 25°C sebesar 0.46 g/100 ml, kemudian turun cukup drastis pada inkubasi suhu 30°C dengan produksi sebesar 0.26 g/100 ml dan hampir tidak berproduksi ketika suhu inkubasi dinaikkan

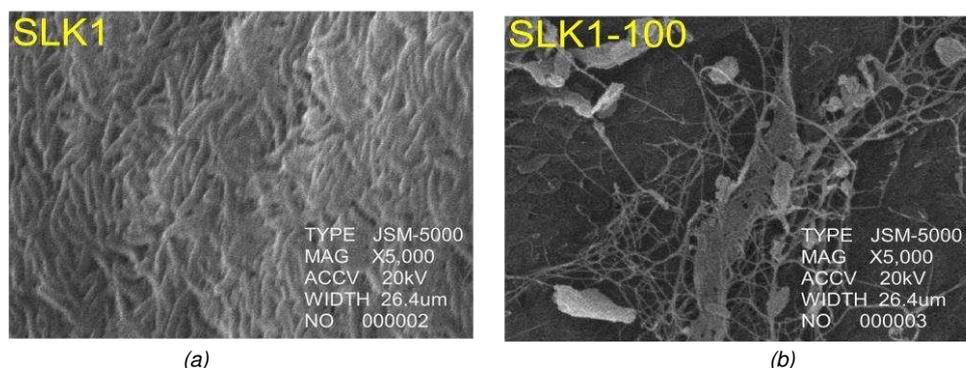
menjadi 37°C yang hanya 0.06 g/100 ml (Gambar 5). Penambahan suhu inkubasi berpengaruh menurunkan produksi selulosa secara drastis. Hasil pengamatan secara visual pada inkubasi suhu 37°C pada hari ke tujuh volume media fermentasi berkurang signifikan sebagai akibat adanya penguapan. Kondisi ini sesuai dengan pendapat Krystynowicz *et al.* (2005), bahwa temperatur optimum untuk pertumbuhan bakteri produser selulosa adalah berkisar 25-30°C. Dengan demikian untuk memproduksi selulosa dengan isolat ini dapat dilakukan pada suhu kamar yang masuk dalam kisaran suhu optimumnya.

Pada perlakuan penggoyangan, isolat SLK1 menunjukkan penurunan produksi yang sangat drastis, bahkan mendekati titik nol (Gambar 6). Hal ini menjelaskan bahwa produksi selulosa pada strain ini lebih optimum dilakukan pada kondisi fermentasi statis. Penurunan produksi selulosa bakteri pada isolat SLK1 terjadi seiring dengan penambahan kecepatan penggoyangan.

Produksi selulosa bakteri tidak hanya bergantung kepada jenis mikroorganisme yang digunakan, tetapi juga dipengaruhi oleh metode produksi yang dipakai. Selama ini dikenal ada dua metode produksi selulosa bakteri, yaitu metode fermentasi statis dan metode fermentasi agitatif. Kedua metode ini menghasilkan selulosa bakteri dengan bentuk dan karakter yang berbeda. Menurut Bielecki *et al.* (2001), pada kultur stasioner/ statis akan terbentuk lembaran selulosa berbentuk seperti tikar dan bertekstur seperti gelatin di permukaan media biakan cair, di dalamnya mengandung sel-sel bakteri yang terperangkap dalam jaringan serat selulosa. Pada kondisi kultur agitasi, pelikel lembaran tidak terbentuk dan selulosa berbentuk butiran yang tidak teratur dan untaian serat. Meskipun metode agitatif meningkatkan difusi oksigen dalam media fermentasi, proses ini dapat menyebabkan munculnya mutan yang kehilangan kemampuan untuk memproduksi selulosa, sehingga menyebabkan penurunan produksi selulosa secara keseluruhan. (Yeo *et al.*, 2004).

Struktur permukaan selulosa bakteri

Hasil pengamatan struktur permukaan selulosa bakteri hasil fermentasi memperlihatkan bahwa selulosa membentuk semacam anyaman pita mikrofibril. Pada metode fermentasi statis terlihat anyaman mikrofibril yang padat. Perubahan metode fermentasi dari statis menjadi goyangan menyebabkan struktur permukaan mengalami perubahan. Beberapa perubahan yang berhasil diamati diantaranya adalah anyaman mikrofibril menjadi merenggang atau tidak padat dan terbentuknya kumpulan mikrofibril menjadi seperti gelembung pada permukaan selulosa, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur permukaan selulosa bakteri hasil fermentasi pada perbesaran 5000x (a) fermentasi statis; (b) fermentasi shaking kecepatan 100 rpm

Hal ini dapat difahami karena goyangan yang diberikan selama proses fermentasi sangat mengganggu terbentuknya anyaman mikrofibril menjadi anyaman yang teratur. Kecepatan goyangan juga berpengaruh terhadap karakter struktur permukaan selulosa. Pada kecepatan shaking 100 rpm pita selulosa merenggang dan gelembung mikrofibril masih kecil. Pada kecepatan goyangan 150 rpm gumpalan mikrofibril terlihat semakin besar.

KESIMPULAN

1. Kondisi fermentasi optimum untuk pertumbuhan dan produksi selulosa pada isolat SLK-1 dicapai dengan sumber karbon gula pasir, sumber nitrogen ammonium sulfat, pH 7, suhu inkubasi 25°C dan metode fermentasi statis.
2. Metode fermentasi shaking/goyangan berpengaruh menurunkan produksi selulosa pada isolat SLK1 dan merubah struktur permukaan selulosa dengan merenggangkan susunan mikrofibril dan membentuk gelembung mikrofibril



UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada I-MHERE PROJECT Fakultas Biologi UGM yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Berbasis EfSD untuk Mahasiswa Pascasarjana, sesuai dengan Nota Kesepakatan nomor: UGM/BI/1265/I/05/04, tanggal 11 April 2011

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, A., Friyatno, S., Supadi dan Askin A. (2003). Analisis pengembangan agroindustri komoditas perkebunan rakyat (kopi dan kelapa) dalam mendukung peningkatan daya saing sektor pertanian. *Makalah Seminar Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian Bogor T.A. 2003*, 38 hal
- Allorerung, D., dan Lay A. (1998). Kemungkinan pengembangan pengolahan buah kelapa secara terpadu skala pedesaan, *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa IV*, Bandar Lampung 21 – 23 April 1998. Pp.327 – 340.
- APCC. (2003). *Coconut statistical yearbook 2002*, Asia Pacific Coconut Community.
- Bae, S. O., and Shoda, M. (2004). Bacterial cellulose production by fed batch fermentation in molasses medium, *Biotechnology Progress*, 20 (5): 1366-1371.
- Bielecki, S., Krystynowicz A., Turkiewicz, M., and Kalinowska, H. (2005). Bacterial cellulose, In Steinbuchel A and Y. Doi (Eds.) *Biotechnology of Biopolymers*. Willey-VCH, Weinheim. Vol. 1, pp 381–434.
- Chawla, P.R., I. B. Bajaj, S. A. Survase & R. S. Singhal. (2009). Microbial Cellulose: Fermentative Production & Applications. *Food Technology and Biotechnology*. 47 (2) 107–124.
- Dellaglio, Cleenwerck, F., I., Felis, G. E., Engelbeen, K., Janssens, D., and Marzotto, M., (2005), Description of *Gluconacetobacter swingsii* sp. nov. and *Gluconacetobacter rhaeticus* sp. nov., isolated from Italian apple fruit, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(6): 2365–2370.
- Djumarti. (1993). Pengaruh penambahan ekstrak kulit nanas dan asam asetat glasial dalam medium fermentasi terhadap produk nata. *Agrijurnal*, 1: 30-38.
- Ishihara, M, Matsunaga, M., Hayashi, N, and Tisler, V. (2002). Utilisaton of D-xylose as carbon source for production of bacterial cellulose, *Enzyme and Microbial Technology*, 31: 986-991.
- Keshk, S.M.A.S., Razek, T.M.A., and Sameshima, K. (2006). Bacterial cellulose production from beet molasses, *African Journal of Biotechnology*. 5 (17): 1519-1523.
- Krystynowicz, A., Koziolkiewicz, M., Wiktorowska-Jeziarska, A., Bielecki, S., Klemenska, E., Masny, A., and Plucienniczak, A. (2005). Molecular Basis of Cellulose Biosynthesis Disappearance in Submerged Culture of *Acetobacter xylinum*, *Acta Biochimika Polonica*, 52 (3): 691-698.
- Kurosumi, A., Sasaki, C., Yamashita, Y., and Nakamura, Y. (2009). Utilization of various fruit juices for production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter xylinus* NBRC 13693. *Carbohydrate Polymers*, 76: 333-335.
- Matsuoka, M., T. tsuchida, K. Matsuchita, O. Adachi & F. Yoshinaka. (1996). A synthesis medium for bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* subsp. *sacrofermentans*. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 60: 575-579.
- Nur, I.I, Kardiyo, Umar, dan Aris A., (2003), Pemanfaatan limbah debu sabut kelapa dalam usahatani padi pasang suruf, Kelembagaan Perkelapaan di Era Otanomi Daerah, *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa V*, Tembilahan 22 – 24 Oktober 2002, Pp.160– 165.
- Ratnayani, K., Dwi Adhi, N. M. A., dan Gutadewi, I G. A. M. A. S. (2008). Penentuan kadar glukosa dan fruktosa pada madu randu dan madu kelengkeng dengan metode kromatografi cair kinerja tinggi, *Jurnal Kimia 2* (2): 77-86.
- Sarkono. (2010). Seleksi dan Identifikasi Strain Bakteri *Gluconacetobacter* Berkemampuan Unggul dalam Menghasilkan Selulosa dari Cairan Sisa Fermentasi Nata De Coco, *Laporan Akhir Hibah Penelitian Disertasi Doktor, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UGM, Yogyakarta*
- Seto, A., Saito, Y., Matsushige, M., Kobayashi, H., Sasaki, Y., Tonouchi, N., Tsuchida, T., Yoshinaga, F., Ueda, K., and Beppu, T. (2006). Effective cellulose production by a coculture of *Gluconacetobacter xylinus* and *Lactobacillus mali*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 73(4): 915–921.
- Toyosaki, H., Kojima, Y., Tsuchida, T., Hoshino, K., Yamada, Y., and Yoshinaga, F. (1995). The characterization of an acetic acid bacterium useful for producing bacterial cellulose in agitation cultures: the proposal of *Acetobacter xylinum* subsp. *sacrofermentans* subsp. *nov.* *Journal of General and Applied Microbiology*, 41(4): 307-314.
- Yeo, H.S., Lee, O.S., Lee, I.S., Kim, H.S., Yu, T. S., and Jeong, Y.J. (2004). *Gluconacetobacter persimmonis* sp. nov., isolated from Korean traditional persimmon vinegar. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14(2): 276-283.

DIKUSI

Penanya 1 (Sri Darmawati – Univ. Muh Semarang)

mengapa bakteri as.asetat lebih suka dengan sumber karbohidrat yang kompleks? Mungkinkah karbohidrat tunggal dengan konsentrasinya dikurangi?

Jawab:

Senyawa karbon kompleks memiliki selulosa tinggi. Sumber karbon kompleks tidak sekedar sumber karbon tapi dapat juga untuk factor tumbuh. Perlakuan konsentrasi glukosa lebih tinggi daripada molase. Masing-masing string pada asam asetat menghendaki gula yang berbeda karakter untuk klasifikasikan genus dan spesies yang berbeda.

